УДК 504.03

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ: ОБЗОР КЛЮЧЕВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Т. А. Бойченко

Российский научно-исследовательский институт экономики, политики и права в научно-технической сфере (РИЭПП), Россия, Москва, boychenko@riep.ru

Аннотация

В статье раскрываются стоящие перед человечеством экологические проблемы, такие как загрязнение Мирового океана, глобальное потепление и утилизация твердых отходов, рассматриваются ближайшие перспективы их решения.

В рамках анализа проблемы загрязнения Мирового океана называются основные причины ухудшения состояния мировых вод – попадание тяжелых металлов и пестицидов в моря и захоронение радиоактивных веществ. Выделяются методы контроля за состоянием Мирового океана, в частности рассматривается дистанционное зондирование, осуществление которого возможно благодаря развитию космических исследований.

В ходе рассмотрения проблемы глобального потепления особое внимание уделяется ее некоторым аспектам, а именно: уменьшению толщины ледяного покрова, изменению уровня Мирового океана, а также научным исследованиям по этой тематике. В работе излагаются различные точки зрения на проблему изменения климата. Представлен прогноз, построенный с помощью ансамбля глобальных климатических моделей изменения климата в России.

При рассмотрении проблемы утилизации твердых отходов приводятся выводы, полученные с опорой на проведенные в мире исследования о вредоносности различных видов отходов. Дается комплексная сравнительная характеристика появившихся благодаря научным исследованиям технологий обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов. Рассматриваются результаты исследований, которые касаются биогазовых технологий, применяющихся для переработки твердых отходов. Помимо того, автором затрагивается вопрос утилизации ядерных отходов.

В статье предложена структуризация анализируемых проблем по принципу того, как можно решить их на межгосударственном уровне или локально, в рамках одного государства. Сделан вывод о том, что для решения проблем обеих категорий необходимо развивать как прикладную, так и фундаментальную науку.

Ключевые слова
Научные исследования, экологические проблемы, загрязнение Мирового океана, глобальное потепление, утилизация твердых отходов

RESEARCH IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS: AN OVERVIEW OF THE KEY RESULTS

T. A. Boychenko

Russian Research Institute of Economics, Politics and Law in Science and Technology (RIEPL), Moscow, the Russian Federation, boychenko@riep.ru

Abstract

The article reveals the environmental problems facing humanity, such as the pollution of the world's oceans, global warming and the utilization of solid waste, as well as the near-term prospects for solving them.

In the context of the ocean pollution, the main causes of the world's waters deterioration are analyzed, which include the entry of heavy metals and pesticides into the seas and radioactive substances disposal. The publications in this field describe the methods of control over the world's oceans, in particular remote sensing, which is possible due to the development of space research.

Also the problem of global warming is studied. The particular attention is paid to certain aspects of this problem, such as a decrease in the thickness of the ice cover, change in the level of the World Ocean, and the scientific research on this topic is presented. The article highlights different points of view on the climate change issue. It presents the forecast constructed with the help of the set of global climate models of climate change in Russia.

The next problem under consideration is the solid waste disposal. The author makes conclusions on the severity of various types of waste drawing on the results of studies in this area. The article gives complex comparative characteristics of various technologies for neutralization and utilization of solid domestic waste, which are obtained through scientific research conducted in this field. The results of the scientific research on biogas technologies for solid waste processing are considered. The problem of nuclear waste disposal is also adressed.

The article suggests the structuring of the mentioned problems on the principle of how it is possible to solve them either at the international level or locally within each country. It concludes that to solve the problems of both categories it is necessary to develop both applied and fundamental sciences.

Keywords
Scientific research, environmental problems, global ocean pollution, global warming, solid waste management

Введение

В декабре 2016 года была принята Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации [1], определяющая приоритеты научного развития. К ним были отнесены переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, создание безопасных качественных продуктов питания, освоение и использование пространства Арктики и Антарктики. Сказанное свидетельствует о том, что научные исследования в сфере экологической безопасности и иных экологических проблем не теряют своей актуальности.

Жизнедеятельность биологических видов тесно связана с условиями их обитания – с окружающей средой. Существование человека на ранней стадии его развития, как и существование видов животных, находилось в равновесии со средой обитания. Изменения окружающей среды, если они не имели вида климатической катастрофы, приводили к подстраиванию функций организма к ним и закреплению нужных свойств на генетическом уровне. Все это способствовало сбалансированному взаимодействию видов животных и окружающей среды. Становление человека как разумного существа послужило основой для преобразующей деятельности, затрагивающей в том числе окружающую среду. С развитием темпов роста производства увеличиваются и его отходы. В результате индустриализации возникла существующая на данный момент ситуация: рост отходов производства привел к ощутимому ущербу окружающей среде. О таком плачевном состоянии дел говорится во многих научных исследованиях. Во второй половине XX века из-за этого ущерба появились качественные изменения параметров окружающей среды, так что сейчас можно заявлять о глобальных природных изменениях среды обитания человека.

Из сказанного вытекает, что человечеству следует внимательно осмыслить возникшие в экологии проблемы и сформировать научный подход к их решению с учетом их ранжирования и четкой расстановки приоритетов. Понимание стоящих перед людьми задач привело к разработке в 1980-е годы Организацией Объединенных Наций (ООН) концепции устойчивого развития, направленной на согласование решения экономических, экологических и социальных проблем. Данная концепция была обнародована на конференции в Рио-де-Жанейро (в 1992 году), но ее внедрению мешали проблемы международных отношений, связанные с необходимостью преобразования мирового хозяйства [2].

Отметим, что в нашей стране также имеется четкое понимание на-

сущности возникших в экологии проблем, это можно проследить по имеющимся долгосрочным программам развития научных исследований. Так, например, среди приоритетных научных направлений исследований, реализуемых в рамках Программы фундаментальных исследований [3], можно выделить: исследования в сфере обеспечения долговременной безопасности Теченского каскада водоемов – крупнейшего в стране поверхностного водоема – хранилища жидких радиоактивных отходов; совершенствование технологии производства сорбционных материалов и ионообменных смол, применяемых для селективного извлечения долгоживущих радионуклидов из жидких радиоактивных отходов экстремально сложного состава (в том числе содержащих морскую воду); разработку и тестирование новой эффективной методики морских прогнозов, позволяющей воспроизводить текущее состояние Черного моря и прогнозировать распределение течений, температуры и солености во всей толще воды этого бассейна; создание долгосрочных (с заблаговременностью в 2–3 месяца) методик ансамблевых прогнозов стока в период весеннего половодья и летней межени; разработку методик оценки последствий изменения климата для ряда крупных речных бассейнов России, основанных на современных гидрологических и климатических моделях; совершенствование системы оценки объема загрязненных вод; совершенствование системы спутникового мониторинга параметров атмосферы и Мирового океана и т. д. [4].

Научные исследования, как фундаментальные, так и прикладные, являются важной составляющей комплексного решения экологических проблем. К одним из наиболее важных, с нашей точки зрения, экологических проблем, стоящих перед мировым сообществом, относятся, в частности, загрязнение Мирового океана, глобальное потепление и утилизация твердых отходов. Остановимся подробнее на этих проблемах и научных исследованиях, проводимых в рамках их изучения и поиска путей их устранения.

Загрязнение Мирового океана

Проблема загрязнения Мирового океана связана с тем, что основная часть отходов производства так или иначе оказывается в океанских водах. Это объясняется в первую очередь тем, что сброс отходов проще всего реализуется в водную среду – реки и водоемы, после чего происходит их вынос в моря и океаны. В основном данные отходы появляются в результате производства пластмасс, нефти, средств химической обработки (в частности, в результате производства пестицидов). Рост загрязнения океана носит антропогенный характер, т. е. напрямую зависит от деятельности человека.

Существенный урон океану наносит попадание в воду таких веществ, как тяжелые металлы. Наибольшую опасность несут хром,

свинец, ртуть, никель, кадмий и медь. Только в воды Северного моря, согласно статистическим данным, ежегодно сбрасывается свыше 50 тыс. т этих металлов [5]. Источником свинца служат попадающие в воздух выхлопные газы автомобилей. Далее из воздуха свинец вымывается в Мировой океан вместе с дождем. По подсчетам Калифорнийского технологического института, таким путем в океан ежегодно попадает около 50 тыс. т свинца [6]. Подтверждением таких данных служат результаты французских исследований, благодаря которым было установлено, что дно Атлантического океана выстлано на расстоянии до 160 км от берега и на глубине до 1 610 м попадающим с суши свинцом. Этот свинец не может иметь естественную природу, поскольку концентрация свинца высока в верхнем слое донных отложений, а не в более глубоких слоях, что свидетельствует о его искусственном происхождении, т. е. он является результатом хозяйственной деятельности человека [6]. Попадание в океан сточных вод с высоким содержанием пестицидов, таких как альдрин, дильдрин и эндрин, также причиняет существенный вред океану.

Важно отметить, что содержание тяжелых металлов и пестицидов в океане является особенно опасным, поскольку они откладываются в тканях живых организмов, из которых они практически не выводятся. В результате данные компоненты накапливаются в организмах морских животных и через потребление морепродуктов оказываются в организме человека [5]. Так, согласно исследованиям, пестициды были выявлены в различных районах Балтийского, Северного, Ирландского морей, в Бискайском заливе, у западного побережья Англии, в Исландии, Португалии, Испании. Дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) и гексахлоран обнаружены в значительных количествах в печени и жире тюленей и антарктических пингвинов, хотя препараты ДДТ в условиях Антарктиды не используются [6].

К ряду существенных экологических проблем, связанных с загрязнением Мирового океана, относятся захоронения радиоактивных веществ, попадание в океан нефти и такого вещества, как трибутилоловохлорид (ТБТ), которое применяется при покраске корабельных килей и подводных частей кораблей, необходимой для защиты их поверхностей от обрастания водорослями и ракушками. Все чаще воды океана используются для размещения ракетно-ядерного оружия и захоронения радиоактивных веществ. В будущем это приведет к серьезным последствиям, поскольку время жизни контейнеров для захоронения радиоактивных отходов меньше периода полураспада захороняемых в них отходов. Попадание в океанские воды нефти в основном происходит при промывке трюмов танкеров, в результате чего в Мировой океан ежегодно сбрасывается 8–20 млн баррелей нефти. Кроме того, попадание нефти возможно при авариях, происходящих в ходе перевозки нефти морем. Образующаяся нефтяная пленка перекрывает доступ кислорода в воду, служа причиной вымирания планктона и рыбы. Губительность же ТБТ, как это было доказано,

связана с отрицательным воздействием на размножение одного из ракообразных – трубача.

Из представленного выше сжатого перечисления проблем видно, что сегодня охрана океанских вод является одной из наиболее актуальных задач человечества. Это, в свою очередь, ведет к увеличению научных исследований в данной сфере. В 1982 году на Конференции ООН была принята Конвенция по морскому праву, которая ввела ряд ограничений по использованию вод Мирового океана. Было признано, что охрана его ресурсов и борьба с его загрязнением приобрели особое значение [5].

Осознание существующих проблем привело в первую очередь к увеличению прикладных исследований, в частности к разработке методов контроля за состоянием Мирового океана. Эффективность методов контроля существенно облегчается при использовании дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), ставшего возможным в результате развития космических исследований. На основании его данных принимаются решения о правильности использования ресурсов Мирового океана и корректируются действия по охране его вод. Благодаря широкому спектру возможностей диагностики, данный подход стал отправной точкой для развития различных направлений ДЗЗ (рисунок 1).

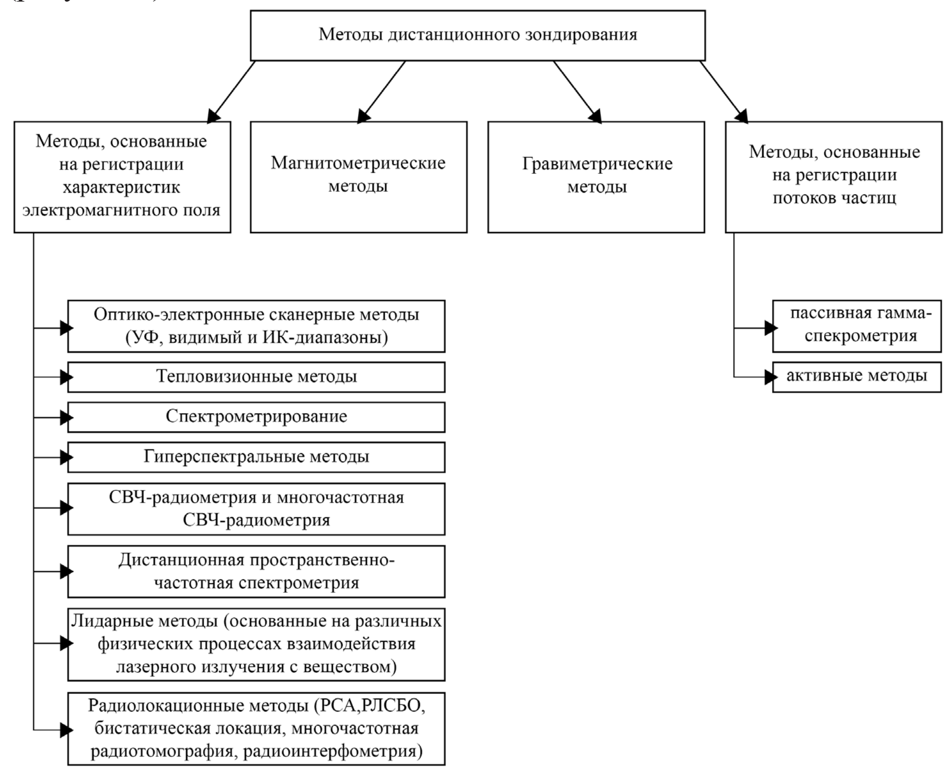


Рисунок 1. Существующие методы дистанционного зондирования

Источник: [7].

Данные методы используются:

- для проведения исследований в интересах наук о Земле, в том числе океанологии;
- проведения исследований по рациональному использованию природных ресурсов;
- охраны окружающей среды;
- предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (природные катастрофы и техногенные аварии);
- в метеорологии и климатологии;
- лесном и сельском хозяйстве;
- градостроительстве, транспорте, энергетике;
- при создании карт, кадастров различных объектов, формировании геоинформационной продукции;
- для обеспечения безопасности стран и т. д. [7].

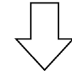
Кроме того, ДЗЗ вносит существенный вклад в экономику развитых стран.

Что касается океанологии, то в этой науке широко используются аэрокосмические методы. Список задач, решаемых аэрокосмическими методами в сфере океанологии, представлен на рисунке 2.

Исследования, проводимые аэроскопическими методами

• динамики вод морей и океанов (течений, океанических фронтов, турбулентности и циркуляционных движений разных масштабов), механизмов переноса массы и энергии и т. д.;
• гидрофизических полей толщи океана (глубинных течений,вихревых движений, внутренних волн и т. д. и т. п.) по эффектам на поверхности и в приповерхностном слое;
• изменчивости температуры поверхности океана и атмосферы, изменений климата;
• взаимодействий океана и атмосферы, изменений климата;
• биопродуктивности морей и океанов, биоразнообразия и изменения экосистем под влиянием естественных и атропогенных факторов;
• приливно-отливных явлений и уровня Мирового океана в глобальном и региональном масштабах;
• зон апвеллинга

Контроль, осуществляемый аэроскопическими методами



• загрянений океана, обусловленных различными источниками;
• ледовой обстановки;
• катастрофических природных процессов в океане (тропические циклоны, цунами и др.)

Рисунок 2. Задачи, решаемые аэрокосмическими методами в области океанологии

Источник: [7].

Зондирование Земли, в рамках применения аэрокосмических методов, проводится космическими аппаратами (КА) различных стран. Лидирующие позиции по зондированию посредством аэрокосмических методов занимают Россия, США, Канада, Япония, Индия, Европейский союз (ЕС). Информация, получаемая КА, оперативно обрабатывается за счет:

– приема данных с отечественных КА (Ресурс-ДК1, Метеор-М, Монитор-Э, Ресурс-П, Кондор-Э, перспективные КА);
– приема общедоступной информации с зарубежных КА (TERRA, AQUA, спутники серии NOAA);
– приема на наземные станции данных с зарубежных КА (TerraSAR-X, RADARSAT-1, RADARSAT-2, ENVISAT, SPOT 4, SPOT 5, EROS A, EROS B, IRS-P6, Cartosat-1, Cartosat-2, RapidEye (6 спутников), IKONOS и перспективных КА);
– мультипользовательского доступа к архивным данным со спутников QuickBird и WorldView-1, WorldView-2 из геоинформационной среды пользователя;
– данных с метеорологических спутников (QuikSat, DMSP, Meteosat и др.) и т. д. [7].

Оперативность обработки достигается с помощью компьютерной системы спутникового мониторинга, которая позволяет по данным спутниковых измерений, выкладываемых в свободном доступе в сети Интернет, получать необходимую информацию о нужных характеристиках океана и атмосферы в режиме, близком к реальному времени.

Основными получаемыми информационными продуктами в результате исследования океана являются первичная продуктивность океана, концентрация хлорофилла *a*, параметры флуоресценции хлорофилла *a*[1](интенсивность линий, эффективность и др.), концентрация органического вещества, концентрация взвешенных твердых частиц, температура поверхности океана, нормализованная энергетическая яркость воды, коэффициент ослабления, полный коэффициент поглощения, эпсилон чистой воды (L531/L667) [7]. Кроме того, можно получать информацию о скорости течений, ветра, о характеристиках ледового покрова, температуры и солености морской воды, уровня моря, высоты волн, о биооптических характеристиках в любой точке Мирового океана [4].

---

[1] Хлорофилл *a* – особая форма хлорофилла, используемая для оксигенного фотосинтеза. Хлорофилл *a* поглощает максимальное количество энергии из фиолетово-голубой и оранжево-красной части спектра. Этот пигмент жизненно необходим для фотосинтеза в клетках эукариот, цианобактерий и прохлорофитов из-за своей способности отдавать возбужденные электроны в электрон-транспортную цепь. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%B8%D0%BB%D0%BB_a (дата обращения: 14.04.2017).

Глобальное потепление

К настоящему времени метеослужбы в различных регионах земного шара имеют более чем вековую историю. Сравнительные данные за различные периоды времени позволяют сделать вывод об изменении климата на планете.

При изучении проблемы глобального потепления, проводившемся разными метеостанциями мира, было выявлено четыре ряда глобальных температур. В подсчетах учитывались данные об изменении температуры начиная со второй половины XIX века. Проведенное исследование позволило сделать следующие выводы. Имеются два отчетливых эпизода глобального потепления. Один из них – период с 1910 по 1940 год. В это время средняя температура на Земле выросла на 0,3–0,4° С. Затем в течение 30 лет температура не увеличивалась и даже немного снизилась. А с 1970 года начался новый эпизод потепления, который продолжается до сих пор. За этот период времени температура повысилась еще на 0,6–0,8 °C. Таким образом, в целом за XX век средняя глобальная температура приземного воздуха на Земле увеличилась примерно на 1 °C. Это довольно много, поскольку даже при выходе из ледникового периода потепление обычно составляет всего 4 °C [8].

В рамках решения проблемы глобального потепления были осуществлены прикладные научные исследования, благодаря которым появилась возможность использовать технологии, дающие информацию об изменении климата (перечень этих технологий представлен на рисунке 3).



Рисунок 3. Технологии получения информации об изменениях климата

Источник: [9].

Но данные технологии не дают ответа на вопрос, почему происходят климатические изменения. В этой связи возрастает роль математического моделирования различных климатических параметров. Однако нередко выделение основных факторов, ответственных за изменение того или иного климатического параметра, представляет собой очень трудную задачу. Дело в том, что многие климатические факторы настолько тесно переплетены, что их число, необходимое для адекватного моделирования какого-либо из климатических параметров, очень быстро разрастается по мере необходимости все более точного описания влияния этих факторов на параметры. Например, самые совершенные модели, используемые в прогнозировании погоды, позволяют давать верный прогноз по всей совокупности параметров в лучшем случае на 3 дня. Поскольку существующие модели не могут давать достоверный краткосрочный прогноз, то можно считать, что модели, позволяющие дать прогноз на значительные, длительные промежутки времени, отсутствуют. По этой причине часто можно столкнуться с точкой зрения, что и сама проблема изменения климата тоже отсутствует. Существуют также теории циклического изменения климата на планете, в которых наблюдаемые изменения климата принимаются за нормальный ход событий.

Американские ученые провели ряд экспериментов и выяснили, что как такового повсеместного глобального потепления на нашей планете нет. Эксперты спроектировали модель, с опорой на которую произвели точные замеры температурного режима на поверхности планеты Земля за последние сто пятьдесят лет. Согласно полученным ими информационным данным, проблема глобального потепления может иметь место в мире, но лишь в случае стечения ряда сложных климатических обстоятельств [10].

Среди острых проблем глобального потепления можно отметить уменьшение толщины ледяного покрова. Так, например, стремительно уменьшается толщина ледяного покрова северных областей Канады. Некоторые участки, традиционно находившиеся под снежным покровом, оголяются, что бросается в глаза уже безо всяких исследований.

В целом отмечается резкое сокращение общего объема ледников на Земле. Их количество постепенно уменьшалось на протяжении всего прошлого века. Но скорость сокращения заметно возросла именно в последнее десятилетие. Только несколько ледников все еще растут.

Изучая изменения уровня Мирового океана, ученые установили, что средний уровень моря растет в течение последних 100 лет со средней скоростью около 1,7 мм/год, что значительно больше, чем средняя скорость за последние несколько тысяч лет. С 1993 года глобальный уровень моря начал подниматься ускоренными темпами – около 3,5 мм/год. Основная причина повышения уровня моря на сегодняшний день – увеличение теплосодержания океана, приводящее к его расширению. Ожидается, что в будущем более значительную

роль в ускорении подъема уровня моря будет играть таяние льда [8].

Среди областей, покрытых льдом, в наибольшей степени исследована Арктическая область, поскольку она представляет собой традиционные места обитания человека. Проблема глобального потепления в Арктике наступает с катастрофической скоростью. Последствия также могут быть катастрофическими. Во-первых, проблема глобального потепления затронет животный мир. Например, в результате таяния льда могут исчезнуть места летнего обитания белых медведей. Во-вторых, поскольку на планете большие запасы воды содержатся в виде льда, то глобальное потепление может привести к затоплению городов и целых областей, находящихся в прибрежной материковой зоне уже не только в Арктике и Антарктике.

Повышение уровня Мирового океана – не единственное следствие таяния ледников. Прогнозируется, что таяние ледников приведет также к проблемам обеспечения пресной водой некоторых районов Азии и Южной Америки. Такую оценку глобальным климатическим изменениям дали члены международной группы климатологов в XX веке.

Температурные изменения в Арктике растут примерно в два раза быстрее, чем в остальных областях планеты. В течение последних 50 лет XX века среднезимовая температура на Чукотке, в западной Канаде и на Аляске выросла на 3,5 ºС. На протяжении XXI века она может увеличиться еще на 6,5 ºС. Резко сокращается площадь паковых[2] льдов Северного Ледовитого океана. За последние 30 лет их площадь стала меньше на 20%. При таком темпе таяния паковые льды могут полностью исчезнуть к середине XXI века. Данное исследование проводилось в течение 4,5 года по заказу Арктического совета (Совет) и международного Арктического научного комитета. В состав Совета входят высшие чиновники США, Канады, Финляндии, Дании, Швеции, Норвегии, Исландии, России и лидеры организаций коренных народов Арктического региона. В работе принимало участие 300 ученых разных государств мира из центров полярных исследований [5].

По-видимому, к выводам проведенного исследования должны прислушаться США и ряд других стран с развитой промышленностью, чтобы уменьшить эмиссию от сжигания ископаемых видов топлива. Для замедления процесса глобального потепления необходимо либо затормозить экономический рост, либо изменить основной способ добывания энергии. Это заключение сделано сотрудниками Мичиганского университета по результатам исследования, посвященного изучению образования CO_2 в атмосфере [11].

[2] Паковый лед – морской лед толщиной не менее трех метров, просуществовавший более двух годовых циклов нарастания и таяния. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%BB%D1%91%D0%B4 (дата обращения: 14.04.2017).

Отметим, что в процессе решения проблемы глобального потепления мировое сообщество может столкнуться с серьезными трудностями, в основе которых лежит человеческий фактор. Одной из таких трудностей является дилемма парной экстерналии, об опасности которой предупреждает профессор Мартин Вейцман [12]. «Первая экстерналия состоит в том, что для конкретной страны очень дорого снижать выбросы углерода, а отказываясь от этого, она «награждает» весь мир дополнительным теплом. Вторая экстерналия состоит в том, что последствия глобального потепления для некоей конкретной страны могут оказаться столь тяжелыми, что она может пойти на использование геоинженерии, распылив в стратосфере отражающие солнечный свет частицы и создав тем самым искусственный солнцезащитный экран; такая мера является относительно дешевой и теоретически способна привести к охлаждению атмосферы около земли [Земли!] в течение года, однако ее глобальные последствия абсолютно непредсказуемы. Наложение двух экстерналий вызывает неистребимое искушение применить искусственный солнцезащитный экран» [13, с. 183–184]. В качестве выхода из создавшегося положения ученым предлагается введение доктрины совместной эволюции людей и природы. Человеческий фактор здесь выходит на первый план, поскольку доктрина основана на моральных принципах, не разделяющихся большинством и прежде всего лицами, которые принимают стратегические решения. Это тесно переплетается с выводами исследователя Джона Ремера о том, что главные риски глобального потепления «...концентрируются даже не в экономике, а в политике: именно близорукая политика обеих политических партий США (республиканцев и демократов) не позволяет начать решать главную проблему будущего века – выброс парниковых газов и его влияние на климат; именно приверженность многих американцев своим ценностям, которые на поверку оказываются алчностью и гордыней, не дает возможности расширить горизонты политических решений настолько, чтобы начать эффективную борьбу за предотвращение потепления климата» [13, с. 183].

Научные исследования в области изменения климата в России в XXI веке включают в себя прогнозирование с помощью ансамбля глобальных климатических моделей. Российские ученые приняли участие в пятой фазе международного проекта сравнения объединенных моделей прогнозирования климатических изменений (проект CMIP5). В ходе исследования анализировались изменения температуры приземного воздуха, суммарных осадков, разности осадков и испарения. В результате моделирования выдавались средние (за 20 лет) значения климатических характеристик, относящихся к началу (2011–2030 годы), середине (2041–2060 годы) и концу (2080–2099 годы) XXI века, по отношению к базовому климатическому периоду (1981–2000 годы) [14].

Одним из основных объектов исследований в области климатологии при рассмотрении проблем глобального потепления, конечно же, является температура. Расчеты повышения температуры тесно связаны с расчетами концентрации CO_2 в атмосфере. Исследователями было обнаружено, что в период с 1958 по 2010 год концентрация CO_2 в воздухе серьезно увеличилась. По оценкам экспертов, за анализируемый период концентрация CO_2 составляла 200–300 промилле на миллион (уровень около 300 промилле считается безопасным для окружающей среды и климата). На данный момент концентрация CO_2 – около 400 миллионных частиц (впервые эта цифра была зафиксирована в феврале 2015 года). Ближайшая критическая величина представляет собой порог, составляющий 450 миллионных частиц CO_2 в атмосфере. До достижения указанного значения увеличение температуры не будет превосходить 2 ºС. При этом считается, что до наступления этого момента не происходит качественных изменений и можно полагать, что мы живем в привычном мире. При превышении обозначенного порога начнется изменение системы атмосферной циркуляции. Предполагается, что это произойдет к середине XXI века, а к 2100 году возможен рост температуры на 4 или 5 ºС, что приведет к качественному изменению всей климатической системы Земли. В ледниковую эпоху средняя температура была +11 ºС, сегодня она составляет +15 ºС. Превышение средней температуры всего на 4 ºС привело к необратимым последствиям. Увеличение еще на 4 ºС может означать перестройку системы атмосферной циркуляции, изменение всей биосферы Земли, что скорее всего приведет к неконтролируемым изменениям среды обитания по всему миру [15].

Проблема утилизации твердых отходов

Рост народонаселения порождает различные проблемы урбанизации. Одна из основных проблем связана с обеспечением питания, что приводит к появлению вблизи городов крупных сельскохозяйственных предприятий, животноводческих комплексов, птицеферм, предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности. А это, соответственно, влечет за собой рост разного вида отходов растительного и животного происхождения. Под отходами подразумеваются трупы животных и птиц, ветеринарные конфискаты, выявленные на рынках, убойных пунктах, мясоперерабатывающих предприятиях и других объектах, занимающихся транспортировкой, переработкой и заготовкой сырья животного происхождения, в результате ветеринарно-санитарной экспертизы, а также иные отходы предприятий агропромышленного сектора, потенциально подлежащие биодеградации. Как пишут С. А. Сафронова и Р. Е. Ковалев, одна птицефабрика средней мощности (40 тыс. кур-несушек или 10 млн

цыплят бройлеров) ежегодно является источником от 35 до 83 тыс. т пометной массы и свыше 400 тыс. м^3 сточных вод с повышенной концентрацией органических веществ [16].

Твердые бытовые отходы (ТБО) хотя и считаются менее токсичными, но несут не меньшую опасность из-за длительного срока разложения при утилизации на свалках, который составляет не менее 20 лет. Научные исследования, проводимые в области изучения способов утилизации твердых отходов, позволили разработать различные технологии обезвреживания и утилизации ТБО. Комплексная сравнительная эколого-экономическая характеристика различных технологий обезвреживания и утилизации ТБО представлена в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительные эколого-экономические показатели различных технологий обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО)

Показатель	Единица измерения	Технология				
		Складирование на полигонах	Сжигание с утилизацией тепла	Компостирование	Комплексный завод по переработке ТБО	Микробиологическая биодеградация
Удельные капиталовложения	$/1т ТБО/год	10...50	400...500	150...200	280...350	для предприятия – 90...95 для региона – 80...90
Удельные эксплуатационные затраты	$1т/год	3...4	32...40	24...26	30...32	для предприятия – 15...18 для региона – 2...5
Удельные энергозатраты	кВт · ч/1т ТБО	5...6	26...50	22...28	26...32	для предприятия – 10...11 для региона – 2...5
Срок переработки	–	Не менее 20 лет	Полное–за 1 час	2 сут. (кроме спорообразующих)	2 сут. (кроме спорообразующих)	5-6 сут.
Наличие отходов производства	% от массы ТБО	–	18...23 (зола и шлак)	20...25 (некомп. фракции)	5 балласт + 5 зола и шлак	До 10% (сухое органическое вещество)
Загрязнение почвы	–	Загрязнена территория полигона	Только шлакоотвал	Практически нет	Практически нет	Незначительно
Загрязнение грунтовых вод	–	Возможно	Нет	Нет	Нет	Нет
Загрязнение атмосферы	–	Небольш.–возможно	В пределах норм	Нет	В пределах норм	В пределах норм
Получаемое тепло	Гкал/т ТБО	–	1,5	–	0,4	10

Источник: [16].

Из таблицы 1 видно, что технология микробиологической утилизации (на базе биогазовых технологий) пищевых отходов имеет высокую эколого-экономическую эффективность как на уровне отдельного предприятия, так и на уровне региона. Надо сказать, что научные исследования, касающиеся разработки биогазовых технологий для переработки ТБО, приобрели большую актуальность. В начале 1990-х годов было подсчитано, что в результате использования биогазовых технологий для переработки органики можно полностью устранить ее экологическую опасность, а также ежегодно получить дополнительные 95 млн т условного топлива (около 60 млрд $м^3$ метана или, при условии сжигания биогаза, 190 млрд кВт · ч электроэнергии) и более 140 млн т высокоэффективных удобрений, что может позволить существенно сократить чрезвычайно энергоемкое производство минеральных удобрений (около 30% от всей электроэнергии, потребляемой сельским хозяйством) [16].

Среди промышленно развитых стран ведущее место в производстве и использовании биогаза по относительным показателям принадлежит Дании – биогаз занимает до 18% в ее общем энергобалансе. По абсолютным показателям по количеству средних и крупных установок лидирующая позиция принадлежит Германии – 8 000 тыс. шт. В Западной Европе не менее половины всех птицеферм отапливаются биогазом. Больше всего малых биогазовых установок находится в Китае – более 10 млн (на конец 1990-х годов); эти установки производят около 7 млрд $м^3$ биогаза в год, что обеспечивает топливом примерно 60 млн китайских крестьян. В Индии с 1981 года было установлено 3,8 млн малых биогазовых установок. В конце 2006 года в Китае действовало около 18 млн биогазовых установок. Их регулярное применение позволяет заменить 10,9 млн т условного топлива [16].

Ниже представлены данные о потенциале производства энергии из биогаза к 2020 году (таблица 2).

Таблица 2. Потенциал производства энергии из биогаза к 2020 г.

Страна	Количество биомассы, млн т*	Количество энергии из биогаза, 109 кВт · ч/год	Количество энергии из биогаза, 109 МДж/год
Австрия	36,1	6,1	22,0
Бельгия	52,0	8,8	31,7
Дания	52,5	8,9	32,0
Финляндия	18,5	3,1	11,3
Франция	251,9	42,7	153,7
Германия	234,6	39,8	143,2
Греция	11,4	1,9	7,0
Ирландия	70,5	31,9	43,0

Страна	Количество биомассы, млн т*	Количество энергии из биогаза, 109 кВт · ч/год	Количество энергии из биогаза, 109 МДж/год
Италия	112,0	19,0	68,3
Люксембург	2,08	0,4	1,3
Нидерланды	80,8	13,7	49,31
Португалия	22,0	3,7	13,4
Испания	108,2	18,3	66,0
Швеция	26,3	4,4	16,0
Великобритания	155,4	26,3	94,8
Всего по ЕС	1 234,3	209,0	753,0

* Основная доля потенциала биомассы, пригодной для получения биогаза, приходится на навоз (до 80%).

Источник: [16].

Решение проблемы утилизации ядерных отходов, возможно, удастся перевести в иное русло. Вместо их захоронения наметились пути их переработки. Согласно результатам, полученным в ходе недавних исследований Массачусетского технологического института, количество актиноидов, вырабатываемых всеми ядерными реакторами на легкой воде, можно переработать всего двумя-тремя термоядерными реакторами, близкими по параметрам к международному экспериментальному термоядерному реактору (проект «ИТЭР»). Кроме этого, каждый такой термоядерный реактор будет вырабатывать порядка 1 ГВт энергии [17].

Выводы

К числу ключевых экологических проблем настоящего времени относятся, в частности, загрязнение Мирового океана, глобальное потепление и утилизация твердых отходов. Анализ упомянутых проблем и связанных с ними научных исследований позволяет разделить данные проблемы на две большие категории.

Первая категория включает в себя проблемы, которые возникают при общем использовании ресурсов Земли и которые обусловлены тем, что разные государства не могут обеспечить хозяйственное обособление страны из-за единой среды обитания (общие атмосфера, Мировой океан). При решении данных проблем преобладающими в настоящее время становятся научные исследования, благодаря которым ведется усовершенствование системы контроля и поиск меры ограничения на использование тех или иных технологий производства. Отметим, что указанные ограничительные меры малоэффектив-

ны на государственном уровне. Невысокая степень результативности мер объясняется также тем, что они приводят к ограничению обеспечения населения продуктами, необходимыми для жизнедеятельности, при том что численность населения неуклонно растет. Проводимые научные исследования, направленные на решение проблем данной категории, позволяют оценивать текущее состояние проблем и скорость нарастания их неблагоприятных последствий.

Ко второй категории относятся проблемы, которые могут решаться обособленно каждым государством. На примере проблемы переработки твердых бытовых отходов видно, что существуют пути решения проблем, приводящие, помимо ожидаемого результата, и к получению экономической выгоды. Решение проблем этой категории облегчается тем, что на своей территории государство может полностью контролировать процесс их преодоления. В свою очередь, их решение приведет к минимизации проблем первой категории, поскольку будет уменьшаться отрицательный эффект, который сказывается на среде обитания населения не только конкретной местности, но и, как следствие, всей Земли. По сравнению с научными исследованиями первой категории, научные исследования, выполняемые в целях решения проблем второй категории, позволяют дополнительно давать рекомендации относительно путей преодоления существующих проблем, причем рекомендации могут оперативно исполняться.

Особо стоит отметить проблемы первой категории, решение которых пока принципиально невозможно. Например, время жизни контейнеров для радиоактивных отходов хотя и велико, но меньше времени полураспада захороняемых в них отходов. Часть из этих проблем можно решить путем развития фундаментальной науки. Необходимо проводить фундаментальные исследования по всем областям наук, в первую очередь физико-математических и технических, а также фундаментальные и прикладные исследования по конкретным рассматриваемым проблемам. Решение же другой части этих проблем будет всегда связано с выбором, который делают люди, стоящие у власти или руководящие фирмами. Однако и здесь роль научных исследований важна в том плане, что упомянутый выбор может быть сделан с учетом минимизации отрицательных последствий, которые опять же выявляются в результате проведенных научных исследований.

Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» // СПС «КонсультантПлюс».
2. Пискулова Н. Тенденции изучения проблем экологии в современной зарубежной науке о международных отношениях /

официальный сайт Российского совета по международным делам, 13.01.2015. URL: http://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/tendentsii-izucheniya-problem-ekologii-v-sovremennoy-zarubezh/ (дата обращения: 02.02.2017).

3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2012 г. № 2538-р «Об утверждении Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2013–2020 годы)» // СПС «КонсультантПлюс».
4. Доклад о состоянии фундаментальных наук в Российской Федерации и о важнейших научных достижениях российских ученых в 2015 году / Российская академия наук. М., 2016. URL:http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=8755bd39-6d11-47b3-8665-39159abb10a8&print=1 (дата обращения: 02.02.2017).
5. Ключевые для населения Земли исследовательские работы по экологии, проводимые на межгосударственном уровне / Greenologia.ru. URL: http://greenologia.ru/eko-problemy/issledovatelskie-raboty-ekologii.html (дата обращения: 02.02.2017).
6. Экологические проблемы Мирового океана 2 / Mirznanii.com. URL:http://mirznanii.com/a/330443/ekologicheskie-problemy-mirovogo-okeana-2 (дата обращения: 16.04.2017).
7. Бондур В. Г. Исследование Мирового океана из космоса: реальности и перспективы. Презентация. 55 с. URL: http://www.ocean.ru/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=307&Itemid=78 (дата обращения: 23.02.2017).
8. Лебедева Н. И. Глобальное потепление. Причины, последствия и пути их решения / Lebedeva70.moy.su. URL: http://lebedeva70.moy.su/load/raboty_uchashhikhsja/globalnoe_poteplenie_prichiny_posledstvija_i_puti_reshenija/2-1-0-52 (дата обращения: 23.02.2017).
9. Егошин А. В. Глобальное потепление: факты, гипотезы, комментарии / Priroda.su, 23.06.2008. URL: http://www.priroda.su/item/389 (дата обращения: 23.02.2017).
10. Американскими учеными дано опровержение глобальному потеплению / Econet.ru. URL: http://econet.ru/articles/14901-amerikanskimi-uchenymi-dano-oproverzhenie-globalnomu-potepleniyu (дата обращения: 23.02.2017).
11. Новое исследование подтверждает рост глобального потепления / Wordscience.org, 05.05.2012. URL: http://wordscience.org/novoe-issledovanie-podchyorkivaet-rost-globalnogo-potepleniya.html (дата обращения: 23.02.2017).
12. Через 100 лет: ведущие экономисты предсказывают будущее / под ред. Игнасио Паласиоса-Уэрты; пер. с англ. А. Шоломицкой. Науч. ред. перевода Т. Дробышевская. М.: Изд-во Инсти-

тута Гайдара, 2016. 304 с.
13. Балацкий Е. В. Россия в контексте глобальных экономических трендов // Мир России. 2016. № 3. С. 176–186.
14. Изменение климата в России в 21-м веке (модели CMIP5) / официальный сайт Главной геофизической обсерватории имени А. И. Воейкова. URL: http://www.voeikovmgo.ru/index.php/ru/izmenenie-klimata-v-rossii-v-xxi-veke?id=613 (дата обращения: 23.02.2017).
15. Дронин Н. Глобальное потепление / ПостНаука, 16.06.2015. URL: https://postnauka.ru/faq/48561 (дата обращения: 03.04.2017).
16. Сафронова С. А., Ковалев Р. Е. Выгодная утилизация биоорганических отходов / Metalux.ru, 2009. URL: http://metalux.ru/vyigodnaya-utilizacziya-bioorganicheskix-otxodov.html (дата обращения: 02.02.2017).
17. Алимкулов С. О., Алматова У. И., Эгамбердиев И. Б. Отходы – глобальная экологическая проблема. Современные методы утилизации отходов // Молодой ученый. 2014. № 21. С. 66–70.

References

1. RUSSIA. PRESIDENT OF RUSSIA. (2008) *Presidential Decree No. 642 of 01.12.2016 On the Strategy for the Scientific and Technological Development of the Russian Federation.* ConsultantPlus legal reference system. (In Russian)
2. PISKULOVA, N. *Tendencies of studying environmental problems in the modern foreign science of international relations Russian International Affairs Council.* Available at: http://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/tendentsii-izucheniya-problem-ekologii-v-sovremennoy-zarubezh/ [Accessed: 2 February 2017]. (In Russian)
3. RUSSIA. GOVERNMENT OF THE RUSSIAN FEDERATION. (2012) *Decree No. 2538-p of 27.12.2012 On the approval of the Program of Fundamental Scientific Research in the Russian Federation for the Long-term Period (2013-2020)*. ConsultantPlus legal reference system. (In Russian)
4. Russian Academy of Sciences. (2016) *Report on the state of fundamental sciences in the Russian Federation and on the most important scientific achievements of Russian scientists in 2015.* Russian Academy of Sciences. Available at: http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=8755bd39-6d11-47b3-8665-39159abb10a8&print=1 [Accessed: 2 February 2017]. (In Russian)
5. *Key research for the world population on ecology, conducted at the international level.* Available at: http://greenologia.ru/eko-problemy/issledovatelskie-raboty-ekologii.html [Accessed: 2 February 2017]. (In Russian)

6. *Environmental problems of the World Ocean 2*. Available at: http://mirznanii.com/a/330443/ekologicheskie-problemy-mirovogo-okeana-2 [Accessed: 16 April 2017]. (In Russian)
7. BONDUR, V. G. *The study of the World Ocean from space: realities and prospects. (presentation)* Available at: http://www.ocean.ru/index2.php?option=com_docman&task= doc_view&gid=307&Itemid=78 [Accessed: 23 February 2017]. (In Russian)
8. LEBEDEVA, N. I. *Global warming. Causes, consequences and ways to solve them*. Available at: http://lebedeva70.moy.su/load/raboty_uchashhikhsja/globalnoe_poteplenie_prichiny_posledstvija_i_puti_reshenija/2-1-0-52 [Accessed: 23 February 2017]. (In Russian)
9. EGOSHIN, A. V. (2008) *Global warming: facts, hypotheses, comments.* Available at: http://www.priroda.su/item/389 [Accessed: 23 February 2017]. (In Russian)
10. *American scientists refuted global warming.* Available at: http://econet.ru/articles/14901-amerikanskimi-uchenymi-dano-oproverzhenie- globalnomu-potepleniyu [Accessed: 23 February 2017]. (In Russian)
11. *A new study confirms the growth of global warming.* Available at:http://wordscience.org/novoe-issledovanie-podchyorkivaet-rost-globalnogo-potepleniya.html [Accessed: 23 February 2017]. (In Russian)
12. IGNACIO PALACIOS-HUERTA (ed.) (2016) *In 100 years: leading economists predict the future.* Moscow: Izdftel'stvo Instituta Gaidara. (In Russian)
13. BALATSKY, E. V. (2016) Russia in the context of global economic trends. *Universe of Russia*. No. 3. P. 176–186. (In Russian)
14. Voeikov main geophysical observatory. Climate change in Russia in the 21st century (CMIP5 model). *Voeikov main geophysical observatory.* Available at: http://www.voeikovmgo.ru/index.php/ru/izmenenie-klimata-v-rossii-v-xxi-veke?id=613[Accessed: 23 February 2017]. (In Russian)
15. DRONIN, N. (2015) *Global warming*. Available at: https://postnauka.ru/faq/48561 [Accessed: 3 April 2017]. (In Russian)
16. SAFRONOVA, S. A, KOVALEV, R. YE. (2009) *Profitable utilization of bioorganic wastes.* Available at: http://metalux.ru/vyigodnaya-utilizacziya-bioorganicheskix-otxodov.htmlhttp://metalux.ru/vyigodnaya-utilizacziya-bioorganicheskix-otxodov.html [Accessed: 2 February 2017]. (In Russian)
17. ALIMKULOV, S. O, ALMATOVA, U. I, EGAMBERDIEV, I. B. (2014) Waste is a global environmental problem. Modern methods of waste management. *Molodoj uchenyj* [Young Scientist]. No. 21. P. 66–70. (In Russian)

Информация об авторе

Бойченко Татьяна Александровна (Бойченко Т. А.), лаборант-исследователь РИЭПП. В сферу научных интересов входит математическое моделирование механических систем.

Author Information

Boychenko Tatiana Alexandrovna (Boychenko T. A.), laboratory assistant researcher of RIEPL. Area of expertise includes mathematical modeling of mechanical systems.

Для цитирования: Бойченко Т. А. Исследования в области экологических проблем: обзор ключевых результатов // Наука. Инновации. Образование. 2018. № 1 (27). С. 26–46.

For citation: BOYCHENKO, T. A. (2018) Research in the field of environmental problems: an overview of the key results. *Science. Innovations. Education*, 27 (1), pp. 26–46.